

AVALIAÇÃO DA FITODISPONIBILIDADE DE CÁDMIO, CHUMBO E CRÔMIO, EM SOJA CULTIVADA EM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO TRATADO COM FERTILIZANTES COMERCIAIS

Affonso Celso Gonçalves Junior*

Departamento de Química - Universidade Federal de Santa Catarina - CP 476 - 88040-900 - Florianópolis - SC

Eduardo Bernardi Luchese

Departamento de Agronomia - Universidade Estadual do Oeste do Paraná - 85960-000 - Marechal Cândido Rondon - PR

Ervim Lenzi

Departamento de Química - Universidade Estadual de Maringá - 87020-900 - Maringá - PR

Recebido em 4/1/99; aceito em 29/9/99

EVALUATION OF PHYTOAVAILABILITY OF THE CADMIUM, LEAD AND CHROMIUM IN SOYBEAN CULTIVATED IN THE LATOSSOLO VERMELHO ESCURO, TREATED WITH COMMERCIAL FERTILIZERS. The aim of this work was to evaluate the availability of the toxic heavy metals: cadmium, lead and chromium, in soybean, from some fertilizers. Five fertilizers and soluble salts contending Cd, Pb and Cr were used. All the treatments were accomplished in vases of 2,5 L with application of two doses, 50 and 100 kg.ha⁻¹ for the fertilizers and 25 and 50 kg.ha⁻¹ for the salts.

Keywords: soybean; heavy metals; fertilizers.

INTRODUÇÃO

A deficiência de micronutrientes nos solos agrícolas representa uma preocupação crescente, com tendência a se acentuar num futuro próximo. O cultivo em solos de baixa fertilidade, a calagem e o aumento da produtividade, são fatores que têm favorecido o aumento das deficiências de micronutrientes¹.

Comprovada a deficiência de micronutrientes, o agricultor procura suprir a falta destes elementos com a aplicação de fertilizantes específicos. Estes produtos são comercializados com grande diversidade de nutrientes, no mínimo dois, embora possam ser encontrados com teores de nutrientes bem elevados¹.

Os fertilizantes utilizados para suprir micronutrientes possuem uma composição, que além dos elementos desejáveis, também, em geral, contém metais pesados tóxicos.

A expressão "metal pesado" se aplica a elementos que tem peso específico maior que 5 g.cm⁻³ ou que possuem número atômico maior que 20².

Metais pesados são importantes em diversos meios, alguns são usados industrialmente em países de tecnologia avançada. Muitos são fisiologicamente essenciais para plantas e animais, como o Cu (formação de melanina nas plantas e pigmentação da pele dos animais), o Zn (síntese do DNA e RNA em plantas e animais), e, deste modo, contribuem na saúde humana e na produtividade agrícola, porém, muitos destes metais pesados são poluentes de ecossistemas³.

Na lista dos metais pesados estão com maior frequência os seguintes elementos: Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co, Ni, V, Ag, Cd, Cr, Hg e Pb. Entre os micronutrientes aparecem vários metais pesados classificados como: *essenciais*: Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, são elementos benéficos e indispensáveis para o desenvolvimento das plantas; *benéficos*: Co, Ni e V, são elementos que colaboram com o desenvolvimento das plantas, mas sua falta não é considerada um fator limitante; *não essenciais ou tóxicos*: Cd, Cr, Hg, Pb, entre outros, sendo elementos prejudiciais às plantas³.

O aumento anormal das concentrações de metais pesados nos solos de agricultura altamente tecnificada é resultado da deposição atmosférica e da aplicação de agrotóxicos, resíduos orgânicos e inorgânicos urbanos industriais, fertilizantes e corretivos⁴⁻⁵⁻⁶.

A justificativa deste trabalho partiu de uma situação levantada no segundo semestre de 1989, quando a imprensa divulgou a

existência de exportações de lixo industrial, o qual continha metais pesados tóxicos, para países do terceiro mundo, dentre estes o Brasil. Durante as discussões ficou caracterizada a utilização de parte deste lixo na fabricação de fertilizantes destinados a suprir micronutrientes para as plantas¹.

Retomou-se esta discussão quando o Greenpeace impediu a saída de navios de portos europeus, contendo as referidas cargas. Novamente, o Brasil encontrava-se entre os países que as receberiam.

Devido à falta de rigidez da legislação no que tange ao descarte indiscriminado de lixo industrial, muitos subprodutos são comercializados como fertilizantes contendo micronutrientes.

Alguns destes subprodutos podem também conter quantidades apreciáveis de metais pesados tóxicos, tais como: cádmio, crômio, níquel e chumbo. A disponibilidade de metais pesados para as plantas não tem sido claramente definida nos estudos até então realizados, mas seus efeitos devem ser mínimos em decorrência das pequenas doses aplicadas⁷.

Nem todos os órgãos das plantas possuem a mesma sensibilidade quanto à acumulação de metais pesados. Normalmente, a raiz é o órgão prioritário de entrada e acumulação dos metais pesados².

A toxidez de um elemento deve ser acompanhada e por isso medida pelas seguintes variáveis: diminuição no crescimento ou redução na colheita, sintomas visíveis e concentração no tecido⁸.

Este trabalho objetivou avaliar a fitodisponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e crômio na cultura de soja (*Glycine max (L) Merrill*), cultivada num latossolo vermelho escuro, com aplicações de alguns fertilizantes comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e Preparo dos Solos

Retiraram-se amostras de solo da camada arável (0-20 cm) de um solo tipo latossolo vermelho escuro (LE). As amostras, protegidas de poeira, foram secadas ao ar, e, logo após, passadas em peneira de 4 mm, forma em que foram levadas aos vasos e em peneira de 2 mm para análises laboratoriais. Coletou-se o solo na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, localizada no Distrito de Iguatemi, Maringá-PR.

Análises Preliminares

Análises químicas e físicas dos solos e fertilizantes

Efetuararam-se análises químicas para fins de fertilidade e análises físicas para determinação granulométrica, no laboratório de análise de rotina do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. Os resultados encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização química da fertilidade do solo.

Solo	pH (CaCl ₂)	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺ (mmol _c /dm ³)	Ca	Mg	K	P (μg/g)	C (g/dm ³)
LE	3,8	16,0	90,0	6,	5,0	1,4	4,0	20

pH em CaCl₂ 0,01 mol/L: acidez ativa; H⁺+Al³⁺: acidez potencial; Al³⁺: acidez trocável¹¹.

Extrator de Fósforo (P) Mehlich (HCl 0,05 mol/L + H₂SO₄ 0,025 mol/L)¹¹.

mmol_c/dm³: milimol de carga por decímetro cúbico de solo¹¹.

Tabela 2. Análise física do solo para determinação granulométrica.

Solo	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)
LE	28	38	2	32

A análise dos fertilizantes e dos solos para determinação dos metais pesados tóxicos, cádmio (Cd), chumbo (Pb) e crômio (Cr), foi realizada através de digestão nitro-perclórica e os metais determinados seguindo-se técnicas de Espectrometria de Absorção Atômica, modalidade chama⁹⁻¹⁰. Os resultados encontram-se nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Determinações de cádmio, chumbo e crômio nos fertilizantes.

Fertilizante	cádmio	chumbo (mg.kg ⁻¹)	crômio
Stimussed Plus	4,0	1623	6500
BR-12 Especial	164	6132	104
FTE-Cerrado	323	1713	169
Zincogran	99	1464	1111
Micronutri 121	10,8	1960	292

Tabela 4. Determinações de cádmio, chumbo e crômio no solo LE.

Solo	cádmio	chumbo (mg.kg ⁻¹)	crômio
LE	0,00*	1,75	2,50

* Valor de concentração abaixo do limite de detecção do método.

Determinação da capacidade máxima de retenção de água dos solos

Em recipientes descartáveis de 50 mL, previamente pesados, possuindo na base pequenos orifícios, colocaram-se 30g de solo, em triplicata. O sistema assim preparado foi levado a uma bandeja contendo uma lâmina de água de 10 mm, para saturação da amostra por capilaridade, durante 24 horas. Após, removeram-se os recipientes colocando-os sobre papel absorvente por 12 horas, para retirar o excesso de água, para posterior pesagem. A diferença entre o solo seco e úmido foi dada

em porcentagem e considerada como capacidade de retenção de água dos mesmos¹².

Instalação e Condução do Experimento em Casa de Vegetação

Preparação dos vasos

Foram utilizados vasos de PVC de 2,5 litros de capacidade, revestidos internamente com sacos de polietileno, evitando-se assim, o contato dos solos com as paredes dos vasos.

Calagem

Para determinar a necessidade de calagem, foram feitas curvas de calibração, incubando-se as amostras de solos em copos plásticos de 300 mL juntamente com doses de CaCO₃ p.a. equivalentes a 2, 4, 6, 8 t.ha⁻¹, com três repetições por tratamento. As amostras foram mantidas com 70% da capacidade de retenção de água, através da pesagem e correção da umidade duas vezes ao dia. Os vasos foram cobertos com uma lâmina de polietileno para evitar evaporação excessiva. O pH do sistema foi determinado aos doze e quinze dias após a instalação do experimento, fazendo-se coleta de uma amostra de cada copo. Os resultados mostraram que quinze dias foram suficientes para a completa reação do CaCO₃ nos solos. Os resultados da incubação encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Efeito da incubação na alteração do pH dos solos, após 15 dias de incubação.

Solo	Quantidade de CaCO ₃ em t.ha ⁻¹				
	0	2	4	6	8
			pH		
LE	4,6	5,7	6,0	6,3	6,6

Após a avaliação dos resultados obtidos na incubação dos solos, realizou-se a correção do pH com CaCO₃ e MgCO₃, reagentes p.a. na proporção de 3:1, Ca/Mg em quantidades equivalentes ao CaCO₃ encontrados na curva de calibração. A quantidade de calcário aplicada no solo foi de 6 t.ha⁻¹, visando elevar o pH do solo para aproximadamente 6,0.

Aplicação dos fertilizantes e dos metais pesados tóxicos

Após a calagem, adicionaram-se os fertilizantes aos vasos. Os fertilizantes aplicados são fontes de micronutrientes, contendo os metais pesados tóxicos, Cd, Pb e Cr, que foram previamente determinados. Para os vasos testemunhas não houve adição. Foram utilizados cinco fertilizantes: Stimussed Plus, BR-12 Especial, FTE-Cerrado, Zincogran e Micronutri 121.

O fertilizante Stimussed Plus foi aplicado na semente, na ordem de 0,2 kg.ha⁻¹ conforme recomendação do fabricante.

Os fertilizantes BR-12 Especial, FTE-Cerrado, Zincogran e Micronutri 121 foram adicionados em dosagens de 50 e 100 kg.ha⁻¹. Anteriormente, o solo já havia recebido a mesma dosagem para o cultivo de aveia, sem obter sucesso. Por isso, o solo foi novamente preparado e adubado.

Também foram aplicados no solo: sais de cádmio, na forma de cloreto; chumbo, na forma de acetato; e crômio, na forma de cloreto, nas dosagens de 25 e 50 kg.ha⁻¹ do metal para o tratamento 1 e tratamento 2 respectivamente. Esses sais foram aplicados na forma de solução aquosa antes do plantio.

Os fertilizantes foram peneirados, aproveitando-se apenas a porção que passou pela peneira de malha 1mm. Isso permitiu que a superfície de contato dos fertilizantes com o solo fosse maior. Desta forma foi obtida uma granulometria mais uniforme.

Adubação com macronutrientes

A adubação foi feita através da interpretação da análise química de solo e necessidade da cultura¹³⁻¹⁴, com nitrogênio e fósforo na forma de $(\text{NH}_4)(\text{H}_2\text{PO}_4)$ p.a., e potássio na forma de KCl p.a.. Esses nutrientes foram aplicados como solução aquosa sobre o solo. A adubação de cobertura com sulfato de amônio foi realizada aos vinte e oito dias após a germinação.

Plantio

Após terem recebido calagem e adubação com macro e micronutrientes, os vasos receberam água destilada e desionizada até atingir a umidade correspondente a 70% da capacidade de retenção de água, ficando assim por dezoito dias para que os sistemas alcançassem o equilíbrio. Os vasos receberam sementes de *aveia*. Como não houve germinação devido a problemas com as sementes, o solo foi novamente preparado e adubado. Novamente, adicionou-se água destilada e desionizada até atingir a umidade correspondente a 70% da capacidade de retenção de água, ficando assim por dezoito dias para que os sistemas alcançassem o equilíbrio. Logo após receberam oito sementes de *soja* por vaso. Após a germinação das sementes, foi feito um desbaste deixando-se apenas seis plantas por vaso, por um período de quarenta dias.

Coleta do material vegetal

A coleta da parte aérea das plantas de soja foi realizada quarenta dias após a germinação das plantas com corte rente ao solo. O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel para secagem, em estufa a 60°C até peso constante, evitando-se perdas e contaminação.

A seguir moeram-se as plantas em micro-moinho.

Determinação dos Metais Pesados Tóxicos Cd, Pb e Cr no Material Vegetal

Para a determinação dos teores de Cd, Pb e Cr nas plantas, digeriram-se 750 mg do tecido vegetal moído, com 7,5 mL de HNO_3 concentrado, deixando-se em repouso durante a noite. A digestão foi conduzida a uma temperatura de 160°C, por aproximadamente 30 minutos até redução da metade do volume de ácido nítrico adicionado. Após esfriamento, acrescentaram-se 2,0 mL de HClO_4 p.a. e a temperatura do sistema digestor foi aumentada para 210°C, por aproximadamente 20 minutos, até a solução tornar-se límpida. O produto obtido foi transferido quantitativamente para balão volumétrico de 25 mL e aferido¹⁵.

As determinações dos metais pesados nos extratos foram feitas por técnicas de Espectrometria de Absorção Atômica, modalidade chama⁹⁻¹⁰.

Análise Estatística

Para analisar estatisticamente os resultados obtidos, utilizou-se o Teste Tukey. Este teste é indicado para comparação de médias de tratamentos qualitativos e quantitativos, como: cultivares, tipos de poda e tipos de enxertia¹⁶.

Na discussão dos resultados, as médias que apresentam a mesma letra a 1 e 5% não se diferem estatisticamente. As letras minúsculas e maiúsculas são somente para diferenciar o teste Tukey a 1 e 5%. Em experimentos agroquímicos, a discussão dos resultados obtidos, geralmente, é realizada em cima das médias do teste Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos testes analíticos realizados no tecido vegetal de soja, dentro das condições em que foi desenvolvido o experimento, permitem fazer as observações que seguem.

O solo LE possui baixa capacidade de troca catiônica (CTC) em relação a solos argilosos, isto pode explicar a disponibilização do cádmio no tecido de soja cultivada neste solo. Em condições de vaso, onde não existem perdas por percolação, o elemento permanece mais na solução do solo, sendo deste modo, no início, mais disponível para as plantas¹⁷. Sendo assim, em solos com maior CTC, o metal estará menos móvel, em consequência, menos disponível¹⁸.

No solo LE, o metal fica mais disponível, podendo, também, em condições de campo, ser lixiviado pelas águas de percolação e, caso não seja absorvido pelas plantas, ser levado aos mananciais de águas ou mesmo ao lençol freático.

Nos resultados obtidos para as testemunhas (Tabela 6), não ocorreu disponibilização de cádmio, mostrando que a aplicação dos adubos contendo o metal deve ser responsável pelo aumento significativo do cádmio no tecido das plantas.

Tabela 6. Média da concentração de cádmio nas plantas testemunhas e análise estatística com teste Tukey a 1 e 5%.

Solo	Nº Repetições	Médias (mg.kg ⁻¹)	5%	1%
LE	3	0,000*	a	A

* Valor de concentração abaixo do limite de detecção do método.

Considera-se 0,5 mg.kg⁻¹ como valor de referência de cádmio em solos não contaminados. No nosso caso, não foram detectados teores de cádmio no solo trabalhado⁵ (Tabela 4).

Em relação aos tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 7), os fertilizantes BR-12 Especial e FTE Cerrado (100 kg.ha⁻¹) e o tratamento com $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (50 kg.ha⁻¹) foram os que mais disponibilizaram cádmio para as plantas diferenciando-se dos demais tratamentos. Estes adubos são os que apresentam maior quantidade deste metal (Tabela 3).

Tabela 7. Médias das concentrações de cádmio na parte aérea das plantas de soja no solo LE e análise estatística com teste Tukey a 1 e 5%.

Tratamentos	Média (mg.kg ⁻¹)	5%	1%
BR-12 Especial 2☆☆	0,267	a	A
FTE Cerrado 2☆☆	0,233	a	A
$\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 2##	0,217	a	AB
FTE Cerrado 1☆	0,117	b	BC
$\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1#	0,083	bc	CD
BR-12 Especial 1☆	0,067	bc	CD
Zincogran 2☆☆	0,067	bc	CD
Stimussed Plus Δ	0,017	c	CD
Micronutri 121 1☆	0,000*	c	D
Micronutri 121 2☆☆	0,000*	c	D
Zincogran 1☆	0,000*	c	D
Testemunhas	0,000*	c	D

Δ 0,2 kg.ha⁻¹; ☆ 50 kg.ha⁻¹; ☆☆ 100 kg.ha⁻¹; # 25 kg.ha⁻¹; ## 50 kg.ha⁻¹

* Valor de concentração abaixo do limite de detecção do método.

Semelhante ao que ocorreu com a disponibilização do cádmio no tecido vegetal, também os resultados encontrados para o chumbo mostraram uma disponibilização significativa no tecido vegetal.

Neste caso, se o chumbo não for absorvido pelas plantas, pode percolar com mais facilidade no perfil do solo LE, podendo talvez, nas condições de campo, atingir o lençol freático.

Para as plantas testemunhas (Tabela 8), não houve disponibilização do metal, mostrando que o aumento da absorção de chumbo pelas plantas se deve à presença dos fertilizantes aplicados.

Tabela 8. Média da concentração de chumbo nas plantas testemunhas e análise estatística com teste Tukey a 1 e 5%.

Solo	Nº Repetições	Médias (mg.kg ⁻¹)	5%	1%
LE	3	0,000*	a	A

* Valor de concentração abaixo do limite de detecção do método.

Com relação aos tratamentos (Tabela 9), o tratamento com o fertilizante BR 12 Especial (100 kg.ha⁻¹) foi o que apresentou plantas com maior concentração de chumbo, sendo que este fertilizante é o que possui a maior concentração do metal (Tabela 3).

Tabela 9. Médias das concentrações de chumbo na parte aérea das plantas de soja no solo LE e análise estatística com teste Tukey a 1 e 5%.

Tratamentos Média	(mg.kg ⁻¹)	5%	1%
BR-12 Especial 2☆☆	5,667	a	A
FTE Cerrado 2☆☆	3,833	b	B
Micronutri 121 2☆☆	3,667	bc	B
Zincogran 2☆☆	2,933	cd	BC
(CH ₃ COO) ₂ Pb3H ₂ O 2##	2,300	de	CD
BR-12 Especial 1☆	2,033	ef	CDE
FTE Cerrado 1☆	1,700	efg	DE
(CH ₃ COO) ₂ Pb3H ₂ O 1#	1,600	efg	DE
Zincogran 1☆	1,300	fg	E
Micronutri 121 1☆	1,133	g	E
Stimussed Plus Δ	1,133	g	H
Testemunhas	0,000*	h	F

Δ 0,2 kg.ha⁻¹; ☆ 50 kg.ha⁻¹; ☆☆ 100 kg.ha⁻¹; # 25 kg.ha⁻¹; ## 50 kg.ha⁻¹

* Valor de concentração abaixo do limite de detecção do método.

A testemunha ficou isolada pelo teste de Tukey a 5% e o tratamento com o fertilizante Stimussed Plus ficou logo a seguir acompanhado pelo tratamento com o fertilizante Micronutri 121 (50 kg.ha⁻¹). Também, entre os tratamentos que menos disponibilizaram o metal, estão FTE Cerrado (50 kg.ha⁻¹), (CH₃COO)₂Pb3H₂O (25 kg.ha⁻¹) e Zincogran (50 kg.ha⁻¹), (Tabela 9).

No solo LE, de característica arenosa, o chumbo estará na solução de solo, desta forma mais disponível para as plantas.

Já em solos com altos teores de matéria orgânica e alto conteúdo de argila, ocorrerá um maior efeito de adsorção de chumbo, sendo assim os metais estão menos disponíveis para as plantas, o que explica a capacidade de adsorção e menor disponibilidade dos metais nesses solos¹⁹.

Semelhante ao que ocorreu com o cádmio e o chumbo, os resultados obtidos na determinação de crômio no tecido vegetal de soja revelaram que em todos os tratamentos houve disponibilização do metal.

Na Tabela 10, observa-se que, diferente do que ocorreu com o cádmio e o chumbo, as plantas testemunhas apresentaram diferença significativa de crômio, mostrando que para este elemento, o próprio solo contribuiu para a liberação do metal para as plantas, o que pode ser explicado pela maior concentração do elemento no solo (Tabela 4), em relação ao cádmio e o chumbo.

Tabela 10. Média da concentração de crômio nas plantas testemunhas e análise estatística com teste Tukey a 1 e 5%.

Solo	Nº Repetições	Médias (mg.kg ⁻¹)	5%	1%
LE	3	1,93	a	A

Para os tratamentos aplicados neste solo (Tabela 11), a disponibilização de crômio que ocorreu no tratamento com CrCl₃6H₂O (50 kg.ha⁻¹), destaca-se pela maior disponibilização, mas pelo teste de Tukey a 5%, não se diferencia dos tratamentos com os fertilizantes Zincogran (100 kg.ha⁻¹) e BR-12 Especial (100 kg.ha⁻¹).

Tabela 11. Médias das concentrações de crômio na parte aérea das plantas de soja no solo LE e análise estatística com teste Tukey a 1 e 5%.

Tratamentos	Média (mg.kg ⁻¹)	5%	1%
CrCl ₃ 6H ₂ O 2##	4,500	a	A
Zincogran 2☆☆	4,333	ab	A
BR-12 Especial 2☆☆	4,250	ab	A
Stimussed Plus Δ	3,683	bc	AB
Micronutri 121 2☆☆	3,250	cd	BC
Zincogran 1☆	3,167	cd	BC
BR-12 Especial 1☆	3,167	cd	BC
CrCl ₃ 6H ₂ O 1#	3,083	cd	BC
FTE Cerrado 2☆☆	3,083	cd	BC
Micronutri 121 1☆	2,750	d	BCD
FTE Cerrado 1☆	2,667	de	CD
Testemunhas	1,933	e	D

Δ 0,2 kg.ha⁻¹; ☆ 50 kg.ha⁻¹; ☆☆ 100 kg.ha⁻¹; # 25 kg.ha⁻¹; ## 50 kg.ha⁻¹.

Pelo teste de Tukey a 5%, os tratamentos que menos disponibilizaram crômio para as plantas cultivadas neste solo foram: a testemunha e o fertilizante FTE Cerrado (50 kg.ha⁻¹).

As diferentes características de cada solo, influenciam de forma direta na disponibilização destes metais no tecido vegetal de soja, sendo que o solo LE possui uma grande capacidade de liberar estes elementos no sistema solo-planta.

CONCLUSÃO

A aplicação de fertilizantes com micronutrientes mostrou uma efetiva disponibilização de Cd, Pb e Cr para as plantas de soja.

Em relação ao cádmio, os fertilizantes que mais disponibilizaram o metal para as plantas foram o BR 12 Especial 2, FTE Cerrado 2 e o tratamento com CdCl₂.H₂O. As menores concentrações de cádmio no tecido de soja foram detectadas nos tratamentos com os fertilizantes Micronutri 121 e Zincogran.

Em relação ao chumbo, a maior liberação do metal para as plantas de soja ocorreu com o fertilizante BR 12 Especial 2. Nesse solo, o fertilizante que menos disponibilizou chumbo foi o Stimussed Plus.

Para o crômio, o tratamento com CrCl₃6H₂O 2 foi o que mais disponibilizou o metal para as plantas. Os fertilizantes Zincogran 2, BR-12 Especial 2, Stimussed Plus e Micronutri 121 2 também se destacaram na liberação do metal para as plantas. A menor liberação de crômio para as plantas, foi do fertilizante FTE Cerrado 1.

O aumento da dosagem das aplicações dos fertilizantes e dos sais contendo os metais pesados tóxicos aumentou a concentração dos metais nas plantas, em todos os casos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Capes pelo auxílio financeiro e aos Professores Dr. Valfredo Tadeu de Fávère e Dr. Mauro C. M. Laranjeira (QUITECH - UFSC), pelas sugestões.

REFERÊNCIAS

- Gonçalves Jr., A. C.; *Dissertação de Mestrado*; Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 1998.

2. Barceló, J.; Poschenrieder, C.; *Suelo y Planta* **1992**, 2, 345.
3. Malavolta, E.; *Fertilizantes e seu Impacto Ambiental: metais pesados, mitos, mistificação e fatos*; Produquímica; São Paulo, 1994
4. Alloway, B. J.; *Heavy Metals in Soils*; New York, 1990
5. Kabata-Pendias, A.; Pendias, H.; *Trace Elements in Soils and Plants*; CRC PRESS; Boca Raton, 1984
6. Amaral Sobrinho, N. M. B.; Costa L. M.; Oliveira C.; Velloso, A. C. X.; *R. Bras. Ci. Solo.* **1992**, 16, 271.
7. Lanziani, A.; *Dissertação de Mestrado*; Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 1995.
8. Beckett, P. H. T.; *Critical tissue concentrations as indicators of toxicity*; Suelos Ecuatoriales, Bogotá, 1991, p 39.
9. Welz, B.; *Atomic Absorption Spectrometry*; VCH; Weinheim, 1985, p 253.
10. Lajunem, L. H. J.; *Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption and Emission*; Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1992, p 153.
11. Pavan, M. A.; Miyazawa, M.; *Análises Químicas de Solo: Parâmetros para Interpretação*; (Circular Técnica, 91); IAPAR; Londrina, 1996
12. Luchese, E. B.; *Tese de Doutorado*; ESALQ – USP; Piracicaba-SP, 1992.
13. Organização das Cooperativas do Estado do Paraná; *Recomendações Técnicas para a Cultura de Soja no Paraná 1994/95*; (Boletim Técnico, 36); OCEPAR/EMBRAPA-CNPSO; Cascavel, 1994
14. Derpesch, R.; Calegari, A.; *Plantas para Adubação Verde de Inverno*; (Circular Técnica, 73); IAPAR; Londrina, 1992, p 41.
15. Sarruge, J. R.; Haag, H. P.; *Análise Química em Plantas*; Livroceres, Piracicaba, 1974
16. Pimentel Gomes, F.; *Estatística Moderna na Pesquisa Agropecuária*; Potafos, Piracicaba, 1984, p 126.
17. Miller, J. E.; *J. Environ. Qual.* **1976**, 5, 157.
18. John, M. K.; *Can. J. Soil Sci.* **1972**, 52, 343.
19. Hassett, J. J.; *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **1974**, 5, 499.